

上越市西部中山間地域の水田節足動物群集

—集落と農法のちがいが生息密度と種多様度におよぼす影響—

足達太郎*・石川 忠**・岡島秀治**

(平成 21 年 8 月 5 日受付/平成 21 年 10 月 23 日受理)

要約：上越市の西部中山間地域の二つの集落において、慣行農法および有機農法を実施している水田から、はらいおとし法によって節足動物を捕獲し、害虫・天敵・その他に区分したうえで、種（種群）ごとの生息密度と種多様度を調査した。捕獲した全サンプルのうち、害虫は個体数比率で 70% を占めたのに対し、天敵とその他の節足動物はそれぞれ 16% および 14% にとどまった。類別にみると、害虫のなかではウンカ・ヨコバイ類が大多数をしめ、そのほかにガ類やコウチュウ類が捕獲された。天敵のなかではクモ類が大多数をしめた。その他の節足動物ではトビムシ類が大半をしめ、ほかにユスリカ類が捕獲された。集落別・農法別にみた害虫および天敵の生息密度は、年次や季節によって変化がみられた。このような発消長はウンカ・ヨコバイ類、フタオビコヤガ、クモ類でも顕著だった。二元分散分析の結果、集落のちがいが生息密度に有意な影響をおよぼすのは、セジロウンカなどをふくむ 5 種および 8 種群の節足動物であることがわかった。いっぽう、農法のちがいが生息密度に有意な影響をおよぼすのは、クモ類などをふくむ 2 種および 6 種群であり、そのうち 1 種群以外はすべて生息密度が慣行区よりも有機区で高かった。各調査区について種の多様度指数 (H') をもとめたところ、吉浦よりも大淵で害虫の種多様度が高く、また慣行区よりも有機区のほうが高かった。天敵では集落間・農法間とも種多様度に顕著な差はみられなかった。本研究の結果、有機区での生息密度が高く、年次ごとに比較的安定した密度推移を示すことがわかったクモ類については、今後、さまざまな種類の農法が水田生態系におよぼすインパクトを評価するための指標生物として活用できる可能性がある。

キーワード：害虫、天敵、有機農法、SHANNON-WIENER の多様度指数、指標生物

1. 緒 言

農耕地における生物の多様性や生息密度には、地域に特有の環境や農法のちがいが影響をおよぼすことが知られている¹⁾。日本の「集落」は、水田を中心に畑地や果樹園など農耕地のほか、里山・河川・休耕地・住宅など多様な環境がモザイク状にいきなりであり、独特の農業生態系を形づくっている。農業に関連する害虫や天敵などの生物は、これらの集落に季節的に飛来したり、集落内において越冬・繁殖のために移動したりする。また、農耕地の各圃場では、農薬や化学肥料の種類や施用回数、除草の頻度などがそれぞれことになっている。とくに近年は、農薬や化学肥料の施用を低減あるいは排除した「減農薬農法」や「有機農法」などのいわゆる環境保全型農業を行なう圃場がふえており、農薬や化学肥料を施用する「慣行農法」の圃場とは、意図的に区別されているケースが多い。

しかし、このような集落の環境や農法のちがいが農業生態系におよぼす影響を定量的に評価することは容易ではない。農業生態系のなかで重要な役割をはたしていると考えられる昆虫をはじめとする節足動物は、種数が膨大であ

り、近縁種の区別などはそれぞれの分類群についての専門的知識がなければ困難である。また、すべての節足動物種が集落環境や農法の影響を受けるわけではなく、生息密度などの変化が顕著にみられる種とそうでない種が存在する²⁾。同定が容易でかつ環境への反応が顕著な種については、環境におよぼす農法の影響を示す指標生物としてこれを活用することができる。実際、農耕地以外の都市環境などに関しては、指標生物が実際にいくつもリストアップされ、実用にも供されている^{3,4)}。しかし、農薬や化学肥料が耕地生態系におよぼす影響は単純ではなく、水田におけるこのような指標生物については、まだ明確にはさだまっていない。

われわれは 2005 年以来、新潟県上越市西部中山間地の水田において、節足動物群集に関する調査を行なってきた。そのなかで、比較的簡便な方法を用い、集落と農法のことなる調査区におけるデータを時間軸にそって蓄積することができた。そこで本稿では、これらのデータを分析することによって、集落の環境や農法が水田節足動物群集におよぼす影響を評価するとともに、これら節足動物を活用した環境評価手法について検討する。

* 東京農業大学国際食料情報学部国際農業開発学科

** 東京農業大学農学部農学科

2. 材料と方法

(1) 調査地と時期

新潟県上越市西部の中山間地域、桑取・谷浜地区とよばれる桑取川の川沿いに位置する二つの集落において調査を行なった。上流に位置する大淵集落は標高約 100~200 m にあり、急斜面上で等高線にそって区切られた小区画水田、いわゆる棚田が多いところである。一部では基盤整備がなされているが、里山にかこまれた植生の豊かな立地である。もう一方の吉浦集落は、海岸から 500 m ほどの下流に位置し、標高は約 50 m。比較的平坦な丘陵地帯であり、大規模な基盤整備がなされた結果、大区画の方形水田が多くなっている。集落を東西につらぬいて北陸自動車道がとおっている。なお、2005 年のデータによれば、両集落とも耕地面積の約 30~40% が耕作放棄地となっている⁵⁾。大淵と吉浦との間は最大標高 300 m ほどの尾根によって隔てられており、直線距離にして約 7 km 離れている。調査は 2005 年の 7 月・9 月、2006 年の 7 月・9 月、2007 年の 6 月・7 月・9 月の計 7 回行なった。

(2) 農法と調査水田

「慣行農法」と「有機農法」が実施されている水田を選定し、それぞれの集落で 2 か所ずつ調査区をもうけた。

「慣行農法」とは、「各地域において、農薬、肥料の投入量や散布回数等において相当数の生産者が実施している一般的な農法」と定義されるが⁶⁾、この地域における「慣行農法」は、聞きとり調査の結果、一般的に以下のようなものであることがわかっている。すなわち、種子を殺菌剤（フルジオキシニル・ペフラゾエート・塩基性塩化銅剤）で消毒し、育苗箱に殺虫剤（フィプロニル粒剤＝対象害虫：ウンカ類・イネミズゾウムシ・イネクビホソハムシなど）を施用した。本田では、代掻き後と田植え後にそれぞれ除草剤（プレチラクロール乳剤およびカフェンストロール・ベンスルフロンメチル・ベンゾピシクロン剤）を散布し、穂ぞろい期に殺虫殺菌剤（シラフルオフェン・フェリムゾン・フサライド粉剤＝対象病害虫：いもち病・ごま葉枯病・ウンカ類・ツマグロヨコバイ・斑点米カメムシ類など）を 1 回散布した。施肥については、元肥・穂肥とも、NPK 肥料の窒素成分のうち 50% を有機質由来におきかえたものを使用した。また秋に収穫後の稲わらをすきこむとともに、春先にはケイ酸やカリウムをふくむ「土づくり」肥料を施用した。

いっぽう、今回の調査で対象とした「有機農法」は、東京農業大学による中山間地有機栽培試験の一環として計画的に実施されたものであり、種子消毒や育苗箱および本田での殺虫・殺菌・除草剤の散布はいっさい行なわなかった^{7,8)}。元肥には堆肥を施用した。栽培方法としては、水田および試験年次によって移植栽培または直播栽培が行なわれた。除草は各水田・年次ごとに機械除草・アイガモ農法・米ぬか散布・再生紙マルチ敷設・深水管理によって行なった。

両集落における調査区の概要および雑草の繁茂状況など

は以下のとおりである。

a) 大 淵

慣行区Ⅰ：傾斜地にある面積約 500 m² の棚田である。2007 年のみ除草剤を施用せず、機械除草を行なった。除草剤を施用した年には雑草はほとんど見られなかった。

慣行区Ⅱ：約 1500 m²。方形の田だが、他の水田から孤立している。各年とも水田には雑草はあまり見られなかったが、畦畔にはセリやスギナなどの植物が多かった。

有機区Ⅰ：約 300 m²。直播栽培で再生紙マルチを敷設した。各年とも 7 月以降は水田内にコナギ・ヒエ類・ウキクサなどが繁茂した。周囲は植物相が豊富でとくにセリやアザミなどが多かった。またカエル類の密度が高かった。本区は 2007 年 6 月にはマルチ敷設中であつたため、調査をしなかった。

有機区Ⅱ：約 300 m²。本区は上記Ⅰに隣接した 2 枚の水田である。一方は直播栽培で再生紙マルチを使用。他方は移植栽培で深水管理を行なった。各年ともコナギやウキクサが繁茂した。2007 年 6 月にはマルチ敷設中のため、調査をしなかった。

b) 吉 浦

慣行区Ⅰ：約 1000 m²。基盤整備された平坦地の一画にある 1 枚の田を 2 つに区切り、その一方を調査した。本区は 2007 年のみ調査を行なった。水田内に雑草はほとんど見られなかった。

慣行区Ⅱ：約 1000 m²。本区は上記Ⅰとおなじ田を区切った別の一方である。なお、吉浦では慣行区Ⅰ・Ⅱとも 2007 年にのみ調査を行なった。

有機区Ⅰ：約 3300 m²。基盤整備された平坦地にある 2 枚の田。一方は上記慣行ⅠおよびⅡに隣接しており、移植栽培でアイガモ農法を用いた。他方は移植栽培で再生紙マルチを用いた。いずれの田でもコナギやタイヌビエが繁茂していた。

有機区Ⅱ：約 200 m²。民家と裏山のあいだにある 2 枚の田。移植栽培で、一方はアイガモ農法、他方は深水管理と米ぬか散布を行なった。いずれの田もコナギの繁茂がいちじるしかった。

両集落とも、播種は例年 4 月上旬、田植えは 5 月中旬、収穫は 9 月中旬から 10 月上旬にかけて行なわれており、調査水田においても 3 年間を通じてこのとおりの作業日程であつた。なお、栽培されたイネの品種は各水田・年次ともコシヒカリ BL であつた。

(3) 調査方法

各調査区において、はらいおとし法により節足動物を採集した。すなわち、26×18 cm のプラスチック製下敷きに同サイズのポリエチレン袋をかぶせ、片面に粘着剤（エス・ディー・エス バイオテック製「金亀スプレー」）を塗布した。水田内を歩いてイネ 10 株を無作為にえらび、株元に粘着板をあて、植物体を手でたたいてサンプルを捕獲した。調査回数は水田のサイズに応じて、ひとつの調査区につき 4~6 反復行なった。サンプルはポリエチレン袋をそのままおりたたんで実験室にもちかえり、種を同定し、それぞれ

の種（種群）ごとに捕獲個体数を調べた。サンプルの同定にはルーペまたは実体顕微鏡を用いた。同定した節足動物のうち、イネを寄主とする植食者を「害虫」、害虫の捕食者を「天敵」、イネを寄主としないかまにしか食害しない植食者や腐食者・雑食者を「その他」として区分した。サンプルの同定や寄主の特定には害虫図鑑および事典類を参考にした⁹⁻¹²⁾。なお、寄生蜂など捕食寄生者の多くは同定が困難であり、イネ害虫を寄主としているかどうかが不明であるケースが多かったため、分析データからは除外した。また、サンプルはポリエチレン袋におりこまれているため、保存のきく固定標本は作らなかった。

(4) 統計分析

ポリエチレン袋に捕獲された各種（種群）のサンプルの個体数を調査区ごとに反復数で除し、10株あたりの捕獲数を調査区における生息密度としてデータを蓄積した。集落および農法間での生息密度の比較は、二つの調査区における全調査期間の累積データをくりかえしとみなして二元分散分析を行ない、集落と農法の効果と交互作用の有無を検出した。なお、データの等分散性を確保するため、分散分析の前に対数変換 ($\log_{10}(X+1)$) による変数変換を行った。

各調査区における害虫および天敵の多様性を評価するため、SHANNON-WIENER の多様度指数 (H') を用いて種多様度を調べた。サンプルのうち種または属のレベルまで同定できたもののみを分析対象とし、ポリエチレン袋ごとに種（属）ごとの捕獲数を調べて H' をもとめた。これについて全調査期間をつうじての平均値をとり、各調査区の種多様度とした。

3. 結 果

(1) 節足動物の区分別・類別個体数比率

全調査期間・調査区を通じて捕獲された節足動物は、動物分類学上すべて昆虫綱もしくはクモ形綱に属するものであった。全サンプルの区分別・類別の個体数比率は図1に示したとおりである。区分としては、「害虫」が70%と多

数を占めたのに対し、「天敵」は16%、「その他」は14%にとどまった。類別にみると、ウンカ・ヨコバイ類が55%と害虫の大多数を占めた。害虫としてはこのほか、ガ類(4%)・コウチュウ類(1%)・斑点米カメムシ(1%)などが捕獲された。天敵としてはクモ類が15%と天敵の大多数を占め、わずかながら捕食性カメムシ類などが捕獲された。「その他」のなかではトビムシ類(11%)が大多数を占め、ほかにユスリカ類(2%)などが見られた。

(2) 生息密度の年次的・季節的变化

a) 害虫および天敵

害虫および天敵の生息密度の時間的推移を集落別・農法別に図2に示した。

大淵では、2005年と2007年の7月に、慣行区・有機区とも害虫密度の顕著なピーク(18~33頭)が見られた。両年とも9月には害虫密度が激減した。これに対し、2006年には7月から9月にかけて10頭以下の低い密度で推移した。なお2007年のピークでは、慣行区のほうが有機区より

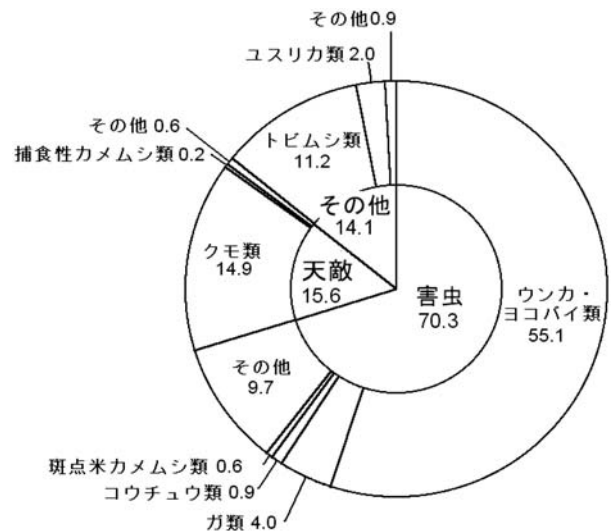


図1 上越市西部中山間地の水田で2005~07年に捕獲された節足動物の区分別・種群別個体数比率(%)。

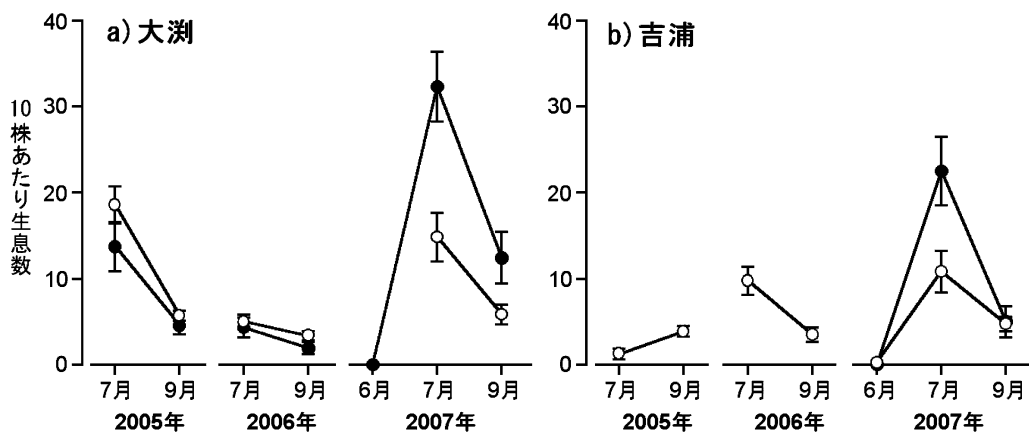


図2 害虫および天敵の生息密度の推移。●：慣行区の害虫；○：有機区の害虫；▲：慣行区天敵；△：有機区天敵。プロットの垂線は標準誤差。

も害虫密度が顕著に高かった。天敵の密度は、いずれの年も7月から9月にかけて1頭前後から3~4頭前後へと漸増傾向が見られたが、2007年のみは例外的で、9月の慣行区では天敵の生息がまったくみられなかった。

吉浦では、2007年のみ慣行区の調査を行なったが、害虫については大淵と同様、7月に顕著な密度のピークが見られた。有機区の害虫密度は大淵とはかなり様相がことなり、2005年には7月から9月にかけて5頭以下での漸増が見られた。2006年には7月に10頭程度のやや顕著な害虫密度のピークが見られたが、9月には3頭程度にまで減少した。天敵の密度は、有機区においてはいずれの年も、7月から9月にかけて10頭未満での漸増傾向がみとめられた。2007年にのみ調査した慣行区における天敵密度は有機区とほぼ同様の推移を示した。

以下では、捕獲された節足動物の種または類別のうち、生息密度が高かったものや顕著な発消長がみられたものについて概説する。

b) ウンカ・ヨコバイ類

ウンカ・ヨコバイ類は全害虫の約8割をしめる優占的な種群であった。図3に見られるとおり、大淵・吉浦とも慣行区では毎年7月に生息密度のピークがみられること、有機区では、2007年をのぞいて、大淵と吉浦で密度推移のパターンが顕著にことなること、2007年7月のピーク時には慣行区のほうが有機区よりも顕著に密度が高かったことなど、図2の害虫密度とほぼ一致した推移を示した。

c) フタオビコヤガ

フタオビコヤガは、ウンカ・ヨコバイ類とくらべると、全体的に生息密度は低かったが、特異的な発生のパターンを示した(図4)。すなわち、慣行区・有機区とも2005年と2006年の7月に大淵で顕著な発生ピークがあったのみで、あとはほとんど発生が見られなかった。吉浦では2006年の7月にわずかながら発生が見られた。

d) クモ類

クモ類は天敵のなかでもっとも優占的な種群であった。図5に示したとおり、いずれの年も7月から9月にかけて大淵・吉浦ともに生息密度がコンスタントに増加した。2007年9月の大淵だけは例外的で、慣行区でのクモ類の生息が見られなかった。大淵では全般的に慣行区よりも有機区でクモ類の生息密度が高い傾向が見られた。

(3) 集落および農法のちがいが節足動物の生息密度におよぼす影響

各集落と農法における節足動物の各区分および種(種群)の生息密度を、二元分散分析の結果とともに表1にまとめた。

集落のちがいが生息密度に有意な影響をおよぼしたのは、セジロウンカ($F_{1,4}=25.76$; $P<0.01$)、ヨツモンヒメヨコバイ($F_{1,4}=13.28$; $P<0.05$)、オオヨコバイ($F_{1,4}=9.09$; $P<0.05$)、コウチュウ類(3種の累計)($F_{1,4}=137.59$; $P<0.001$)、ガ類(2種の累計)、フタオビコヤガ($F_{1,4}=90.76$; $P<0.001$)、その他の害虫(3種群の累計)($F_{1,4}=10.98$; $P<0.05$)、アブラムシ類($F_{1,4}=9.32$; $P<0.05$)、バッタ類($F_{1,4}=19.33$; $P<$

0.05)、ドヨウオニグモ($F_{1,4}=8.29$; $P<0.05$)、捕食性カメムシ類(3種の累計)($F_{1,4}=9.64$; $P<0.05$)、ハチ・アリ類($F_{1,4}=11.33$; $P<0.05$)、クサカゲロウ類($F_{1,4}=9.15$; $P<0.05$)の5種および8種群であった。このうち、コウチュウ類、捕食性カメムシ類、ハチ・アリ類の3種群以外はすべて吉浦よりも大淵で生息密度が高かった。

農法のちがいが生息密度に有意な影響をおよぼしたのは、オオヨコバイ($F_{1,4}=25.07$; $P<0.01$)、コウチュウ類($F_{1,4}=168.95$; $P<0.001$)、イネミスソウムシ($F_{1,4}=8.80$; $P<0.05$)、バッタ類($F_{1,4}=26.84$; $P<0.01$)、クモ類($F_{1,4}=8.59$; $P<0.05$)、ハチ・アリ類($F_{1,4}=17.59$; $P<0.05$)、クサカゲロウ類($F_{1,4}=9.15$; $P<0.05$)、ユスリカ類($F_{1,4}=11.36$; $P<0.05$)の2種および6種群であった。このうちユスリカ類以外はすべて慣行区よりも有機区で生息密度が高かった。

集落および農法の両要因による交互作用が検出されたのは、オオトゲシラホシカメムシ($F_{1,4}=15.49$; $P<0.05$)、コウチュウ類($F_{1,4}=137.59$; $P<0.001$)、ハチ・アリ類($F_{1,4}=11.33$; $P<0.05$)、クサカゲロウ類($F_{1,4}=9.15$; $P<0.05$)の1種および3種群であった。このうち、オオトゲシラホシカメムシでは集落・農法の両要因に有意な効果がなく、交互作用のみだった。これに対し、他の3種群ではいずれも両要因に有意な効果が検出された。

(4) 集落および農法のちがいが害虫・天敵の種多様度におよぼす影響

各調査区で捕獲したイネ10株あたりのサンプルを害虫と天敵に区分し、それぞれについて多様度指数(H')をもとめた。これらの平均値を集落および農法別に示したのが図6である。害虫についてみると、集落別では大淵(平均1.4)が吉浦(0.9)よりも H' の値が高かった。また農法別では有機区(1.3)が慣行区(1.0)よりも高かった。天敵については、全体的に害虫よりも H' が低く、集落間でも農法間でも顕著な差は見られなかった。

4. 考 察

(1) 節足動物の区分別・類別個体数比率

図1にみるように、「害虫」の区分のなかではウンカ・ヨコバイ類の捕獲数が80% ちかい大多数であり、全捕獲数に対しても過半数を占めた。しかし、水田における生息密度もウンカ・ヨコバイ類がもっとも高いかといえ、そこは検討の余地があるだろう。本調査は粘着板を用いたはいおとし法により行なったため、飛翔能力などが種によってことなれば捕獲率に差が生じるからである。また、本調査では水田内でランダムに調査株をえらんだため、集中分布を示すような種では、生息密度が低めに見つめられる可能性がある。実際、本調査に関連して、2007年9月の同時期に吉浦の有機区で捕虫網40回振りによるすくいとり法を行なったところ、390頭ものアカスジカスミカメが捕獲された(未発表データ)。これに対し本調査では、吉浦有機区での斑点カメムシ類の全期間をつうじての生息密度は0.07頭(表1)ときわめて低く、同時期における原データをみても、はいおとしによる10株あたりの平均捕獲数は

1.0 頭にとどまっていた。はらいおとし法には以上のような難点があるものの、簡便であることはたしかであり、有用な方法のひとつであるといえよう。とくに次項で述べるような同種のサンプルにおける発生の推移を調査する場合には、捕獲効率ほぼ一定と考えられるため、調査では効力を発揮するものと思われる。また、水田でははらいおとし法と畦畔でのすくいとり法を組みあわせることによ

て、生活特性のことなる各種節足動物におよぼす農法や集落などの環境影響をより明確に判定する手法が確立できる可能性がある。

「天敵」の区分では、クモ類が大多数を占めた。表1でその内訳をみると、3種および1種群が同定されている。このうち、アシナガグモとドヨウオニグモは造網性、ニセアカメグモとハラクロコモリグモは徘徊性のクモである⁹⁾。

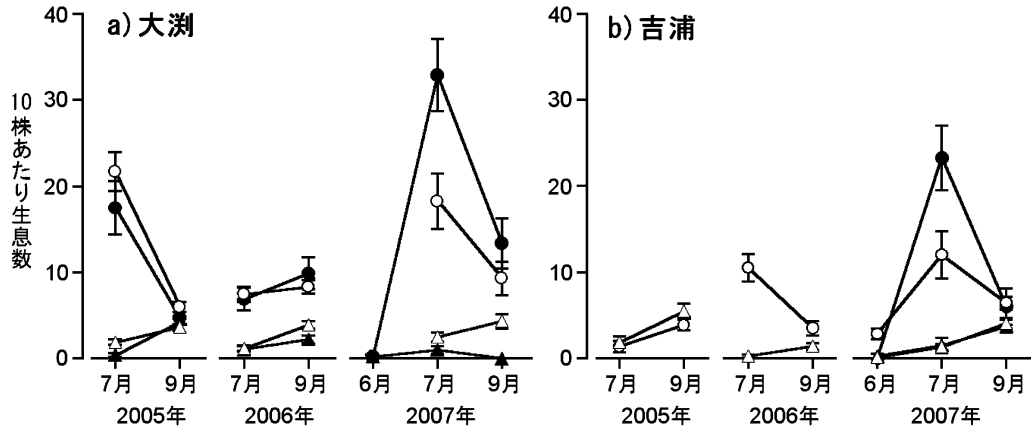


図3 ウンカ・ヨコバイ類の生息密度の推移。●：慣行区；○：有機区。プロットの垂線は標準誤差。

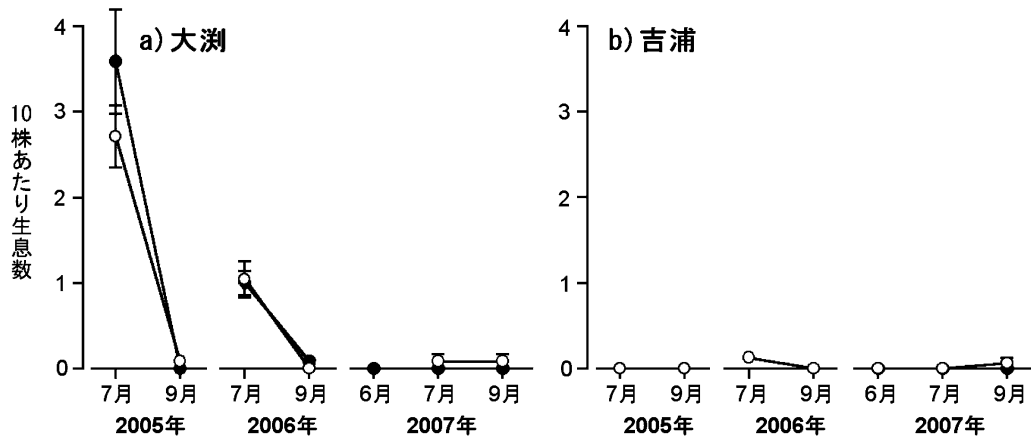


図4 フタオビコヤガの生息密度の推移。●：慣行区；○：有機区。プロットの垂線は標準誤差。

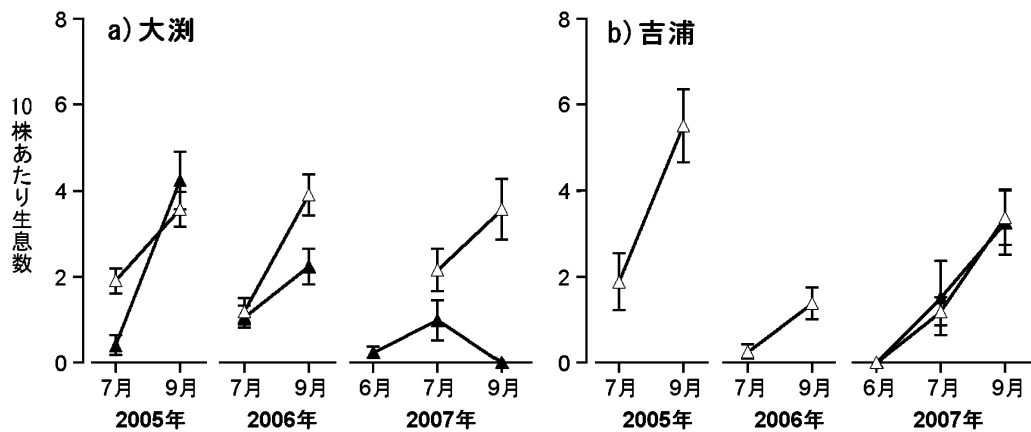


図5 クモ類の生息密度の推移。▲：慣行区；△：有機区。プロットの垂線は標準誤差。

表 1 つづき

区分・類別および種 (種群) 名	10 株あたり生息数 ²						要因			
	大洲		吉浦		集落		農法		集落×農法	
	慣行区	有機区	慣行区	有機区	F _{1,4}	P	F _{1,4}	P	F _{1,4}	P
天敵										
クモ類										
アシナガグモ (<i>Tetragnatha</i> spp.)	1.41 ± 0.21	2.82 ± 0.20	1.83 ± 0.56	2.09 ± 0.28	0.012	0.918	7.288	0.054	2.335	0.201
ドヨウオニグモ	1.41 ± 0.21	2.70 ± 0.20	1.58 ± 0.53	1.91 ± 0.27	0.380	0.571	8.589	0.043	2.261	0.207
ニセアカムネグモ	0.32 ± 0.10	0.99 ± 0.13	0.33 ± 0.26	0.72 ± 0.16	0.246	0.646	6.289	0.066	0.156	0.713
ハラクロコモリグモ	0.11 ± 0.09	0.29 ± 0.10	0.00 ± 0.00	0.13 ± 0.08	8.289	0.045	6.413	0.065	0.700	0.450
その他のクモ類	0.05 ± 0.06	0.10 ± 0.16	0.08 ± 0.14	0.05 ± 0.09	0.061	0.818	0.058	0.822	0.045	0.843
捕食性カメムシ類	0.03 ± 0.08	0.03 ± 0.04	0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.03	1.275	0.322	0.043	0.845	0.077	0.796
ツヤヒメハナカメムシ	0.91 ± 0.24	1.28 ± 0.16	1.17 ± 0.43	0.99 ± 0.20	0.011	0.923	0.363	0.579	0.890	0.399
ヒメオオメカメムシ	0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.01	0.17 ± 0.11	0.04 ± 0.02	9.640	0.036	1.238	0.328	1.663	0.267
ルリクチャブトカメムシ	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.08 ± 0.14	0.03 ± 0.05	1.895	0.241	0.105	0.762	0.105	0.762
その他の天敵	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.08 ± 0.14	0.01 ± 0.04	1.575	0.278	0.425	0.550	0.425	0.550
ヒメカメノコテントウ	0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.03	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.000	0.374	1.000	0.374	1.000	0.374
ハネカクシ類	0.00 ± 0.00	0.11 ± 0.04	0.08 ± 0.08	0.14 ± 0.05	2.024	0.228	2.704	0.175	0.001	0.976
ハチ・アリ類	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.03 ± 0.04	4.574	0.099	4.574	0.099	4.574	0.099
クサカガダロウ類	0.00 ± 0.00	0.07 ± 0.11	0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.03	0.189	0.686	1.811	0.250	0.189	0.686
オサムシ類	0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.02	0.00 ± 0.00	0.11 ± 0.06	11.329	0.028	17.594	0.014	11.329	0.028
カマキリ類	0.00 ± 0.00	0.02 ± 0.03	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	9.150	0.039	9.150	0.039	9.150	0.039
その他	0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.05	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.000	0.374	1.000	0.374	1.000	0.374
キスジノミハムシ	0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.05	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.000	0.374	1.000	0.374	1.000	0.374
コツブゲンゴロウの一種	0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.05	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.000	0.374	1.000	0.374	1.000	0.374
ゾウムシ類	0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.05	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.000	0.374	1.000	0.374	1.000	0.374
ハムシ類	0.68 ± 0.18	0.91 ± 0.40	8.58 ± 4.34	3.96 ± 1.39	4.861	0.092	0.132	0.734	0.078	0.794
シヨウジョウバエ類	0.01 ± 0.03	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.000	0.374	1.000	0.374	1.000	0.374
ハムシ類	0.01 ± 0.03	0.03 ± 0.03	0.25 ± 0.31	0.12 ± 0.08	1.614	0.273	0.000	0.985	0.011	0.923
シヨウジョウバエ類	0.01 ± 0.03	0.04 ± 0.08	0.17 ± 0.29	0.11 ± 0.10	1.614	0.273	0.025	0.882	0.000	0.992
ユスリカ類	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.06	1.000	0.374	1.000	0.374	1.000	0.374
トビムシ類	0.51 ± 0.28	0.00 ± 0.00	1.50 ± 1.46	0.32 ± 0.31	4.623	0.098	11.361	0.028	0.657	0.463
	0.13 ± 0.11	0.83 ± 0.81	6.67 ± 5.07	3.39 ± 1.93	2.766	0.172	0.027	0.877	0.068	0.807

¹ 大字は各区分および類別にふくまれる各種 (種群) 個体数の累積値。² 平均±標準誤差。

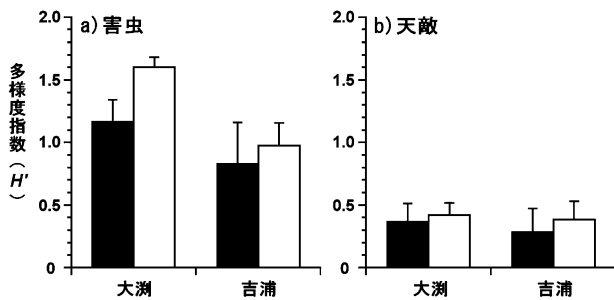


図6 集落別・農法別にみた害虫および天敵の多様度指数。
■：慣行区；□：有機区。棒グラフの垂線は標準誤差。

後者の生息密度が低かったのは、クモがイネの上部にまで上がってくることが少ないため、はらいおとし法による捕獲率が低かったためかもしれない。しかし、徘徊性のクモ類は水田内よりも畦畔などを生息場所にしていることが多く、これらの種の生息密度がもともと低かった可能性も否定できない。畦畔にすむ天敵も水田害虫におよぼす影響は小さくないと思われるので、今後は畦畔における調査の実施も検討すべきであろう。

「その他」の区分では、トビムシ類およびユスリカ類が大半をしめた。トビムシ類は、夏にウンカ・ヨコバイ類などを捕食するトノサマガエルなどの春先のえさとして重要であることが指摘されている¹³⁾。いっぽうユスリカ類については、かつては幼虫によるイネの被害が報告されたこともあるが¹⁴⁾、近年はむしろ農業生態系における生物多様性を評価するための指標生物として注目されている¹⁵⁾。また、クモ類など捕食性天敵の餌としても重要である。

(2) 生息密度の年次的・季節的变化

前節でも述べたとおり、害虫および天敵のほとんどをウンカ・ヨコバイ類とクモ類が占めたことから、図2に示した害虫・天敵の発生活長グラフは、ちょうど図3のウンカ・ヨコバイのグラフと図5のクモ類のグラフを合成したのになっており、これらの2種群がそれぞれ害虫および天敵を代表しているといえる。このような代表的害虫種や天敵種は生物指標として活用できる可能性が高いと思われる。

フタオビコヤガは、2005および2006年7月の大淵でのみ顕著な発生が見られた(図4)。新潟県病害虫防除所の報告によれば、2005年には「山間・山沿いでフタオビコヤガの第2世代幼虫が多発生したが、第3世代は少なかった」¹⁶⁾、2006年には「第2世代幼虫ふ化期に寡照日が続き、孵化率および幼虫生存率が高まったことで、山間・山沿い地域において多被害が目立った。8月上旬以降の高温により第3世代の発生は抑制されたが、発生程度は全県で高かった」¹⁷⁾とあり、発生時期・場所ともに本調査結果とよく符合している。

クモ類の発生活長については、2007年の大淵慣行区における例外をのぞいて、毎年7月から9月にかけて、安定した増加傾向を示すという特徴がみられた(図5)。これは、クモ類は比較的移動性が低いという、広食性捕食者であるこ

とから、餌資源が十分に確保されることも一因であると考えられる。

また、ニセアカメグモをはじめ、多くのクモ類ではピレスロイド系殺虫剤に対する感受性が高いことが知られている¹⁸⁾。大淵では慣行区における生息密度が有機区よりも低かったが、これは慣行区では穂ぞろい期の8月中にピレスロイド系のシラフルオフェンが散布されることと関連があると思われる。また、アシナガグモやドヨウオニグモなどの造網性クモ類が農法による影響を受けやすい傾向が見られたが、これが葉面への粉剤散布によるものかどうかは、今後、畦畔における調査結果などと比較検討する必要がある。

(3) 集落および農法のちがいが節足動物の生息密度におよぼす影響

いくつかの種および種群では、集落や農法のちがいによって、生息密度が影響を受けることが明らかになった。このうち集落については、大淵と吉浦とのあいだで、山間地と海岸ぞい、傾斜地と平地、植生などのちがいが見られる。

大淵は山間地にあり、海岸に近い吉浦よりも植生が豊富である。植生が多様なところでは、一般に単食性あるいは狭食性の植食者は生息密度が低くなり、広食性の捕食者は密度が高まることが知られている¹⁹⁾。しかし、今回の調査からはそのことを裏づけるような結果は得られなかった。集落の環境と節足動物の生息密度の関係については、さらに検討する必要がある。当面は各農法における生態系の評価に活用できる指標生物をさがすことが先決であると思われる。そのような指標生物の候補種が具備すべき条件としては、1) 生息密度が集落のちがいによって影響を受けにくい、2) 生息密度が農法のちがいによって影響を受けやすい、3) 集落と農法による交互作用が少ないことがあげられよう。本調査の結果から、そのような条件をみたすのは、イネミズゾウムシ・クモ類・ユスリカ類の3種群だけであった。このなかでは、生息密度が高く、発生活長が安定しているという点で、クモ類が指標種としてもっとも適しているものと考えられる。

クモ類の環境指標生物としての利用は、都市環境を評価することを目的として、日本でもすでに1970年代からここらみられている²⁰⁾。1990年代以降、国際自然保護連合(IUCN)や環境省が作成するレッドリストによって絶滅の危険性があるとされるクモ類について、それらを保全しようとする活動だけでなく、生態系保全を目的とした指標種として活用しようという提案がなされている²¹⁾。これは、クモ類が昆虫の捕食者として食物連鎖に大きな影響をおよぼす「キーストーン種」として重視すべき存在と予想されるからである。とはいえ、耕地生態系における指標種としてクモ類の生息密度と耕地環境との関係を明らかにした事例は、イギリスなどで紹介されているものの²²⁾、日本ではまだ少ないのが現状である。

- (4) 集落および農法のちがいが害虫・天敵の種多様度におよぼす影響

害虫について各調査区の多様度指数を比較した結果、集落別では大淵で、農法別では有機区で H' が高かった。このことは、植生が豊富な地域や有機農法を行なっている圃場では生物多様性が高いという経験則と合致している。しかし、天敵についてみると、集落間・農法間とも種多様度にはほとんど差がなかった。その理由は不明であるが、ひとつには今回の調査ではひとつの水田で捕獲された天敵の種数が全体を通じて少なかったことがあげられる。ある水田で節足動物の1種が捕獲され、別の水田では別の1種が捕獲されたとしても、それらの水田がおなじ調査区における反復だったとすると、いずれの水田でも1種のみが採集されたとみなされ、その場合はいずれも種多様度 $H' = 0$ となるからである。

謝辞：フィールドにおける節足動物の採集ならびに実験室でのサンプルの同定と仕わけに精力的にとりこんでくれた東京農業大学国際農業開発学科熱帯作物保護学研究室の学生諸君には、記して感謝の意を表す。本研究は文部科学省学術フロンティア推進事業（2004～08年度、東京農業大学）：研究課題「新農法確立のための生物農薬など新素材開発」（研究代表者：藤本彰三）の一環として実施したものである。

引用文献

- 1) 鷲谷いづみ, 2005. 生物多様性を保全する機能. 環境保全型農業事典 (石井龍一編), 丸善, pp. 749-751.
- 2) BECK, W.M., Jr. 1955. Suggested method for reporting biotic data. *Sewage and Industrial Waste*, 27, 1193-1197.
- 3) 青木淳一, 1995. 土壤動物を用いた環境診断. 自然環境への影響予測—結果と調査法マニュアル (沼田 眞編), 千葉県環境部環境調整課, pp. 197-271.
- 4) 環境省水・大気環境局, 2005. 川の生きものを調べよう：水生生物による水質判定, 日本水環境学会.
- 5) 松田恭子, 2006. 上越市谷浜・桑取地区の農地利用現況調査. 新潟県上越市委託研究 中山間地有機栽培研究業務：平成17年度報告書 (藤本彰三編), 東京農業大学, pp. 27-45.
- 6) 農林水産省, online. 農林水産関係用語集. http://www.maff.go.jp/j/use/tec_term/k.html#k21 (2009年11月7日閲覧)
- 7) 岡部蘭子・馬場 正・陶山一雄, 2006. 有機栽培および雑草管理技術の実験. 新潟県上越市委託研究 中山間地有機栽培研究業務：平成17年度報告書 (藤本彰三編), 東京農業大学, pp. 46-59.
- 8) 岡部蘭子・馬場 正・陶山一雄, 2007. 平成18年度の有機水稻栽培試験. 新潟県上越市委託研究 中山間地有機栽培研究業務：平成18年度報告書 (藤本彰三編), 東京農業大学, pp. 8-22.
- 9) 梅谷献二・岡田利承 (編), 2003. 日本農業昆虫大事典. 全国農村教育協会, 東京.
- 10) 農山漁村文化協会 (編), 2004. 天敵大事典—生態と利用 (下巻). 農山漁村文化協会, 東京.
- 11) 新海栄一, 2006. ネイチャーガイド 日本のクモ. 文一総合出版, 東京.
- 12) 平嶋義宏・森本 桂 (監修), 2008. 新訂原色昆虫大図鑑 第三巻 (トンボ目・カワゲラ目・バッタ目・カメムシ目・ハエ目・ハチ目他). 北隆館, 東京.
- 13) 後藤直人・荒木 肇, 2002. トノサマガエル (*Rana nigromaculata*) を放飼した水田における節足動物の発消長と水稻の生育. 新潟大学農学部研究報告, 55, 35-47.
- 14) 野田博明・宮崎 稔・橋本 碩, 1986. ユスリカ幼虫による本田でのイネ葉の食害. 応動昆, 30, 66-68.
- 15) 田中幸一, 2004. 水田生態系における昆虫の多様性. 農業技術, 59, 23-28.
- 16) 新潟県病害虫防除所, 2005. 北陸各県における病害虫の発生と防除の概要 (平成17年度). 新潟県. 北陸病虫研報, 54, 69-70.
- 17) 山崎清志, 2006. 北陸各県における病害虫の発生と防除の概要 (平成18年度). 新潟県. 北陸病虫研報, 55, 33-34.
- 18) 田中幸一, 1998. ニセアカメグモ. 天敵大事典—生態と利用 (下巻) (農山漁村文化協会編), 農山漁村文化協会, pp. 373-376.
- 19) ANDOW, D.A., 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annu. Rev. Entomol.*, 36, 561-586.
- 20) 大野正男, 1976. 都市環境下におけるクモ類, 特にジョロウグモの分布. 都市生態系の構造と動態に関する研究 (沼田眞編), 文部省特定研究, pp. 135-154.
- 21) 八幡明彦, 2005. クモのいる自然環境を守るとはどういうことか. *Acta Arachnol.*, 54, 147-153.
- 22) DOWNIE, I.S., WILSON, W.L., ABERNETHY, V.J., McCracken, D.L., FOSTER, G.N., RIBERA, I., MURPHY, K.J. and WATERHOUSE, A., 1999. The impact of different agricultural land-uses on epigeal spider diversity in Scotland. *J. Insect Conserv.*, 3, 273-286.

Arthropod Communities of Paddy Rice Fields in the Western Hilly and Mountainous Area of Zyôetu City

—Effects of settlement environment and farming method on
population density and species diversity—

By

Tarô ADATI*, Tadashi ISHIKAWA** and Shuji OKAJIMA**

(Received August 5, 2009/Accepted October 23, 2009)

Summary : In two settlements, Ôbuti and Yosiura, in the western hilly and mountainous area of Zyôetu City, Niigata, Japan, arthropod communities of paddy rice fields, which were grown by conventional and organic farming methods, were investigated. Among the total sample, 70% of the population was identified as rice pests, while natural enemies and other arthropods occupied 16% and 14%, respectively. Among the pests, plant- and leaf-hoppers were the most dominant and proportions of moths and beetles followed. Among the natural enemies, spiders were the most dominant. Other arthropods included springtails as majority and some chironomids. Annual and seasonal changes of arthropod densities were observed in the respective settlements and farming methods. Such changes were significant also in plant- and leaf-hoppers, the green rice caterpillar (*Naranga aenescens*) and spiders. Two-way analysis of variance indicated that densities of five species and eight species groups, including the whitebacked rice planthopper, *Sogatella furcifera*, differed with the settlement. On the other hand, densities of two species and six species groups, including spiders, differed with the farming method. Their densities, except for one species group, were higher in organic farming than conventional farming. Diversity index (H') of pests was higher at Ôbuti than Yosiura, and in organic farming than conventional farming. No difference in diversity index of natural enemies was observed between the settlements or farming methods. Spiders seem to be used as indicator species for evaluating impact of farming methods on paddy field ecosystem because their density was higher in organic farming plots and seasonal change of their population dynamics was constant.

Key words : pest, natural enemy, organic farming, SHANNON-WIENER's diversity index, indicator species

* Department of International Agricultural Development, Faculty of International Agriculture and Food Studies, Tokyo University of Agriculture

** Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture